農業氣象及農業水資源之應用與管理
大氣溫室效應加倍對台灣區域氣候和水資源衝擊評析
9-24, 2002

2 大氣溫室氣體加倍對臺灣區域氣候和水資源衝擊評析

吳明進[1]、童慶斌[2]、陳世欽[3]
[1] 國立臺灣大學大氣科學系
[2] 國立臺灣大學生物環境系統工程學系
[3] 美國加州大學聖地牙哥分校Scripps海洋研究所
E-Mail: wu@wu.as.ntu.edu.tw

摘 要 -- 10
壹、前言 -- 11
貳、氣候與水文模式 ------------------------------ 11
參、全球變遷對台灣區域氣候之衝擊 ------------------ 13
肆、全球變遷對台灣區域水資源之衝擊 ---------------- 17
伍、討論與結語 ---------------------------------- 18
陸、致謝 -- 20
柒、參考文獻 ------------------------------------ 20
英文摘要 -- 22

2 大氣溫室氣體加倍對臺灣區域氣候和水資源衝擊評析

吳明進[1]、童慶斌[2]、陳世欽[3]
[1] 國立臺灣大學大氣科學系
[2] 國立臺灣大學生物環境系統工程學系
[3] 美國加州大學聖地牙哥分校Scripps海洋研究所
E-Mail: wu@wu.as.ntu.edu.tw

摘　要

本文藉由數值模擬探討溫室效應氣體倍增對臺灣區域氣候和水資源之影響。首先進行使用NCAR-CCM3和NCEP-RSM-96V(CCM3/RSM-96V)模擬系統作不同模式解析度，目前二氧化碳濃度和二氧化碳濃度倍增情境下，臺灣區域氣候模擬之實驗。完成了三種不同解析度RSM的模擬。其為280km×280km(RSM0和CCM3解析度相同)，50km×50km(RSM1)和15km×15km(RSM2)。作RSM0模擬的目的是作為區域氣候模式的比較基準，以移除CCM3和RSM0之模式物理差異效應。對各別10個冬季和10個夏季，目前二氧化碳濃度和二氧化碳倍增情境下RSM模擬輸出統計來探討平均的衝擊。結果顯示CCM3和RSM0間仍有明顯差異，顯示不同模式物理的影響。臺灣區域降水季節和地理分佈的特徵可以RSM巢結於CCM3的二氧化碳等溫室效應氣體加倍造成全球尺度環流變遷的模擬中被突顯出來而RSM2的模擬最接近觀測。但是降水強度，特別是冬季可能被某些程度的高估。而模擬的降水頻率特性在夏季較為合理。RSM1和RSM2模擬顯示臺灣東北部在二氧化碳加倍後，冬季降水顯著增加，伴隨南部海岸背風面，地面溫度顯著升高，而全省冬夏雨日頻率都增加。其次以不同氣候模式模擬輸出輸入GWLF水文模式，模擬臺灣北中南東四個河川集水區的河川逕流量和地區地下水補注量，探討全球變遷對臺灣水資源供給面的影響。對氣候模式模擬輸出的區域水文參變數，結合日氣象產出模式產生日氣象參變數檔。其中包括降水量，平均氣溫，條件和無條件雨日機率等。並將其統計結果應用於水文模式預測河川流量和區域地下水補注量之變遷。結果顯示RSM0預測北中東三區河川流量皆將顯著增加。南部除春季外也有顯著增加，而東部將增加最多。高解析度模式RSM2預測各區氣候參數小而一致的增加，因而預測各區河川流量將少量增加。但RSM1預測南部河川流量，在春季減少。中部河川流量全年減少。地下水補注方面除了RSM1預測中部地區全年和南部地區夏秋冬

季減少之外，其餘地區的地下水補注量都呈現增加趨勢。本文進一步結合氣候模式、水文模式及灌溉用水評估模式評估農業用水探討全球變遷對臺灣地區水資源需求面之衝擊。農業用水量和氣溫關係密切，RSM模式預測作物生長期前移並且縮短。農業用水量除了中南部之外，其他地區則是減少。

關鍵詞：全球變遷、水資源、區域氣候模式、水文模式、河川流量、地下水補助、農業用水量。

壹、前言

由於人類活動所引起的氣候變化在近年引起廣泛注意並成為大氣科學研究的重要課題(IPCC.P2,96,2001)。研究除了進行資料分析以探討全球氣候變遷的歷史之外，也透過氣候數值模式模擬過去和目前的氣候狀態以了解氣候變遷的機制，並且透過假設溫室氣體的變化情境來展望未來的氣候變化。對於大尺度氣候變化的模擬主要有直接使用以大氣模式為主，固定溫室效應氣體濃度的所謂平衡態模擬(IPCC1992,1996,2001)。也使用複雜的海氣陸耦合模式系統，溫室效應氣體依比例逐步增加的所謂漸進式模擬(IPCC1996,2001)。這種全球氣候變化的模擬由於計算資源的限制，通常只能作低解析度(200-300km)的模擬(IPCC1992,1996,2001)。

臺灣位於東亞季風區，面積狹小且地形高聳複雜造成區域氣候在時間、空間上的複雜度。因此全球尺度的模擬結果，臺灣地區常常只有一點，完全沒有代表性。因此針對區域氣候的變化模擬必須進一步使用區域氣候模式連結於全球尺度模式來對區域氣候變化做降尺度模擬。

臺灣地區平均年降水量達2500公釐，由於人口密集，人均可用降水資源約為世界平均的1/5左右，屬相對貧水地區。加上臺灣地區降水時空分佈非常不平均，總降水量在東部北部較多。西部南部較少，在西南部有半年的乾季。由於人口眾多產業發達，所以水資源已稀少資源成，全球變遷導致氣溫上升，降水區域移動(IPCC1992, 1996, 2001)。全球變遷對臺灣區域水資源的衝擊為何值得研究評估。

本文即藉由使用全球尺度的大氣NCAR-CCM3模式連結NCEP/RSM-96V區域模式的氣候模式系統進行不同模式解析度，目前二氧化碳濃度與二氧化碳濃度倍增情境下臺灣區域氣候變化之模擬實驗，評估全球變遷對臺灣區域氣候衝擊。本文更進一步將不同氣候模式模擬輸出輸入於GWLF水文模式模擬臺灣北中南東四個集水區的河川流量和地下水補注量，探討全球變遷對臺灣水資源供給面的影響以及結合灌溉用水評估模式模擬農業用水之變化，從生態變化的角度探討臺灣地區水資源需求受全球變遷的影響。

貳、氣候與水文模式

一、氣候模式系統

本文全球尺度氣候模式系統使用

NCAR/CCM3模式。模式詳細的內容可參考Kiehl et al(1998)。簡單的說CCM3爲全球波譜模式。水平解析度爲T42(~280km)，垂直18層。CCM3使用先進的大氣物理參數化和一簡單的混合層海洋模式連結，較前一版本CCM(CCM2)具有較完整的水文循環。

全球變遷對區域氣候衝擊評估之設計爲使用CCM3進行一倍二氧化碳(1×CO2,355ppm控制組)和二倍二氧化碳(2×CO2,710ppm預測組)各32年之冬夏二季平衡態模擬，取22-31年，10年之輸出代表目前和未來氣候之環流場，而後截取CCM3結果輸入於區域氣候模式作不同解析度之區域氣候模擬。

區域尺度使用NCEP/RSM-96V (Juang and Kanamitsu, 1994)。簡單地說NCEP/RSM和NCEP全球波譜模式(NCEP/GSM)有相同物理參數，垂直向使用σ-座標，分爲18層。模式變數爲大尺度模式場和其擾動之和。擾動在模擬的側邊界爲0，在模式區域內以雙三角(Double sine-cosine)函數表示。若無區域強迫RSM模式的解和GSM相同。

本文使用的區域模擬多重網巢RSM0/RSM1/RSM2，模擬範圍和解析度如圖1所示，模式解析度分爲280km，50km，和15km。RSM0解析度爲280km和CCM3相同。RSM0模擬的目的是建立和其有相同物理的RSM1和RSM2的比較標準，可看成解析度T42(~280km)的區域模擬。RSM0和RSM1皆使用一日二次的CCM3模擬作爲邊界和模擬區域內之大尺度環流場，而RSM2則巢狀連結於RSM1，以RSM1之模擬輸出作爲初始場。目前氣候模擬結果之校驗，降水方面比較1987-2000年氣象局自動雨量站資料，氣溫方面則比較1970-2000年氣象局氣候站資料。

二、水文模式與農業用水評估模式

評估氣候變遷對河川流量的衝擊之步驟包括研究區域選定，氣候變遷型態分析，區域適用水文模式選定，水文模式輸入資料之產生及河川流量之模擬與預測。研究區域選定步驟爲將臺灣分成四區，選擇具有水庫主要河川上游集水區。結果選定的研究區域共有北部翡翠水庫、北勢溪上游集水區，中部德基水庫、大甲溪上游集水區，南部曾文水庫，曾文溪上游集水區，東部秀姑巒溪上游集水區，集水區的地理位置、面積和平均流量如圖2所示。

河川流量模擬本文使用Haith and Shoemaker (1987)所發展的GWLF模式。GWLF詳細的內容和應用可參考童等(1999)和范(1998)。模擬河川流量所需的日氣象資料由使用Tung and Haith (1995)日氣象模擬模式結合鄰近測站氣象水文觀測與區域氣候模式模擬結果產生。氣象觀測北部以竹子湖、中部日月潭、南部嘉義及東部成功爲代表。考慮氣候變遷下，各月平均溫度修正爲原各月平均溫度加上氣候模擬的預測組(2×CO_2)與控制組(1×CO_2)溫度差值，各月平均降水量修正爲原各月平均降水量乘以氣候模式模擬的2×CO_2與1×CO_2的降水比值。

集水區地下水補助之模擬採用水平衡模式。地下水補助量爲降水量減去蒸發量再扣除河川流量而得，模式詳細內容可參考范(1998)。本文依水利單位使用的水資源分區分別模擬，使用的氣象資料也以氣象局測站之分區平均爲標準。

水田灌溉用水站農業用水之大宗，本文針對水田灌溉特性建立灌溉用水評估模

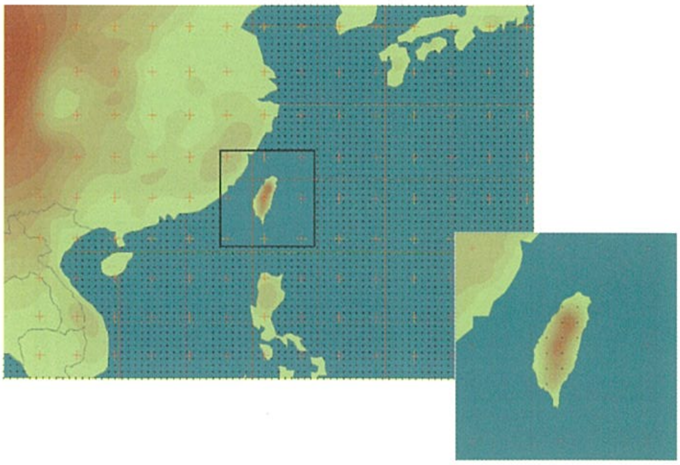

圖1. RSM0/RSM1/RSM2區域氣候模式系統的模擬的區域和網格。大圖RSM0網格(+字)，RSM1模擬區域、地形、網格(黑點)。小圖RSM2模擬區域RSM0網格（+fr）、RSM1網格(大黑點)、RSM2網格(小白點)和地形。

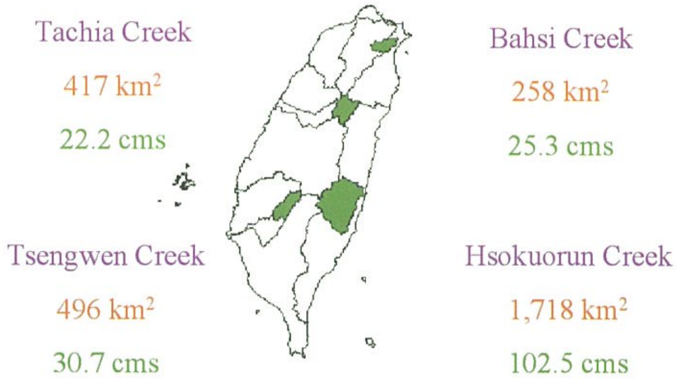

圖2. 四個集水區的地理位置，面積和平均流量說明圖。

式，模式利用Hamon 公式計算作物之潛能蒸發散量，及作物須水量再透過田間水平衡關係推估田間需水量，最後考慮輸水損失下決定灌溉需水量。模式詳細內容可參考童與連(2001)或吳(2001)。

參、全球變遷對台灣區域氣候之衝擊

圖3比較RSM0和CCM3模擬的1倍大氣二氧化碳情境冬季(DJF)及夏季的降水和垂直積分水汽通量以及兩者之差異，由圖可見RSM0和CCM3皆可模擬ITCZ和中緯度西太平洋氣旋路徑的降水分佈。但RSM0模擬的北半球冬季ITCZ降水帶相較於CCM3略爲偏北，因而相對於CCM3，RSM0的模擬冬季在10~15°N有較多降水和水汽輻合(圖3,a)。二種模式皆可模擬北半球夏季印度半島西岸、印度東北以及中國大陸長江中上游大量的降水，但相較於CCM3，RSM0的

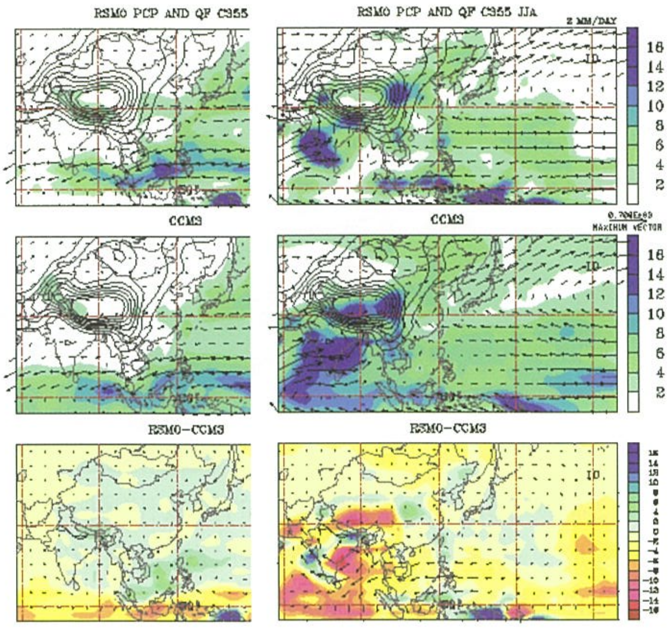

圖3. 一倍二氧化碳（C355）情境下，RSM0和CCM3模擬的冬季（DJF）與夏季（JJA）降水和垂直積分水汽通量（箭頭），以及兩者之差異。

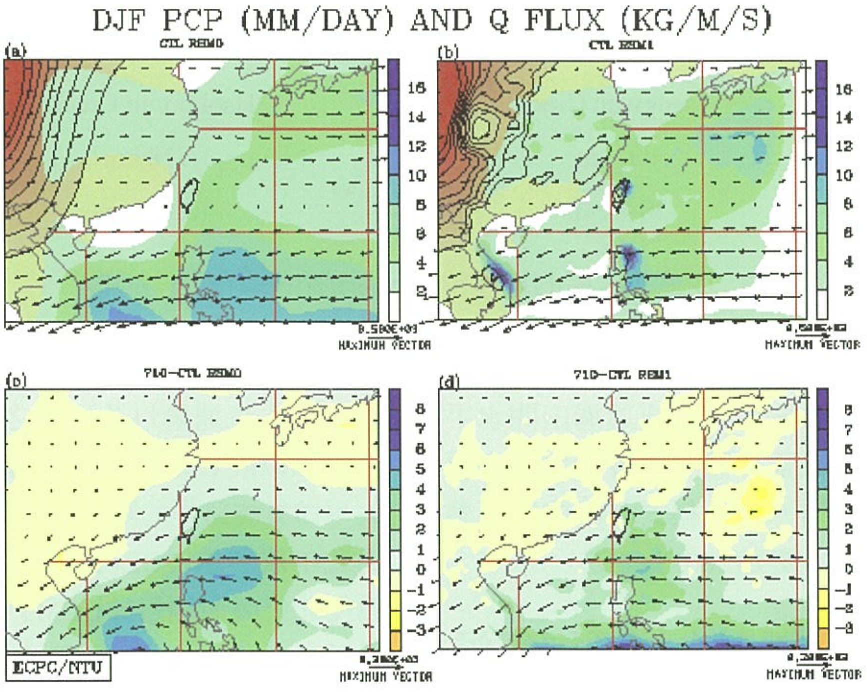

圖4. 一倍二氧化碳情境下，RSM0(a)和RSM1(b)模擬的冬季（DJF）降水和垂直積分水汽通量（箭頭），以及(c)、(d)二氧化碳加倍情境下的改變（710-CTL）。

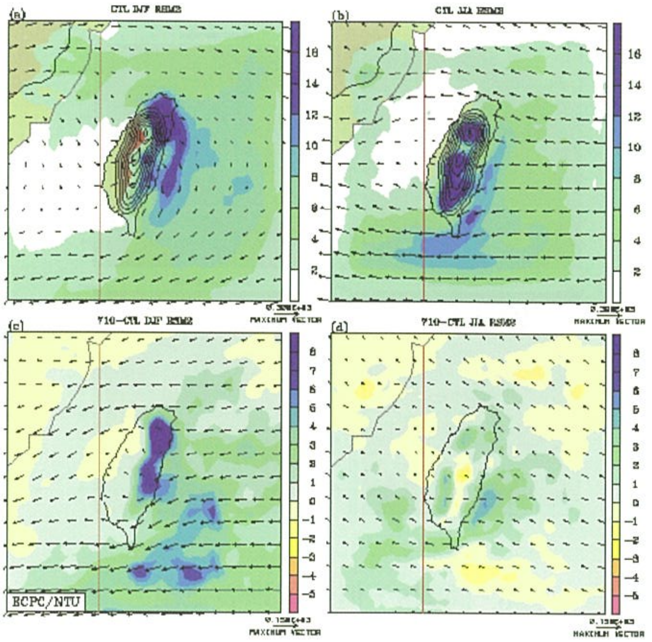

圖5. 一倍二氧化碳（CTL）情境下，RSM2模擬的(a)冬季（DJF）、(b)夏季（JJA）降水和垂直積分水汽通量（箭頭），以及二氧化碳加倍（710）情境下(c)冬季（DJF）與(d)夏季（JJA）改變量（710-CTL）。

模擬在夏季、南亞季風區降水較少，而東亞季風區降水較多(圖3,b)。這種差異的產生完全是由於不同的模式物理，特別是對流參數化所造成。RSM1和RSM2將使用和RSM0相同的物理和垂直結構，因而RSM0取代CCM3作爲區域模式突顯區域特徵對比的參考基準。圖4顯示RSM0和RSM1在一倍二氧化碳情境下模擬的冬季降水和水汽通量分佈(圖4,a,b)，以及二氧化碳加倍情境下的改變量(圖4,c,d)，可見一倍二氧化碳情境下RSM1相較於RSM0降水較集中於陸地的迎風面。在二氧化碳加倍後RSM0預測30°N以南的海洋地區降水將增加，RSM1則進一步預測，降水在海岸迎風面降水將顯著增加。同樣夏季的模擬(圖略)顯示夏季RSM1模擬相對於RSM0模擬降水較集中於海島上。二氧化碳加倍後，RSM0預測臺灣附近地區降水將增加，但RSM1預測降水在臺灣中部地區可能減少。RSM2模擬冬季的降水只分佈在臺灣東部和北部，在東北角尤是降水中心，夏季的降水則多集中在山頂附近。二氧化碳加倍的模擬顯示RSM2預測冬季臺灣東部、北部降水顯著增加。夏季則全島大部分增加，但中心地區可能減少(圖5)。圖6顯示RSM2模擬的冬季和夏季在一倍二氧化碳情境下溫度的分佈和二氧化碳加倍後的溫度改變量。由圖可見RSM2可以適當的模擬臺灣地區冬夏溫度分佈的特徵。而二氧化碳加倍後冬季在東北季風的背風坡臺灣的西南部溫度顯著上升。圖7進一步比較RSM1和RSM2模擬的以及氣候上(實際觀測)的臺灣地區冬季和夏季降水的分佈，由圖可見降水分佈的特徵RSM2比RSM1更接近於實際觀測，但降水量則顯著偏多，冬季尤爲嚴重。如果更進一步統計臺灣地區日降水1mm以上的累積頻率(圖8)

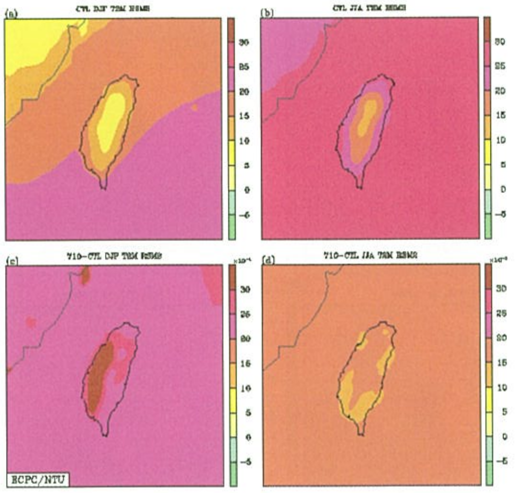

圖6. 同圖5，但為近地表氣溫。

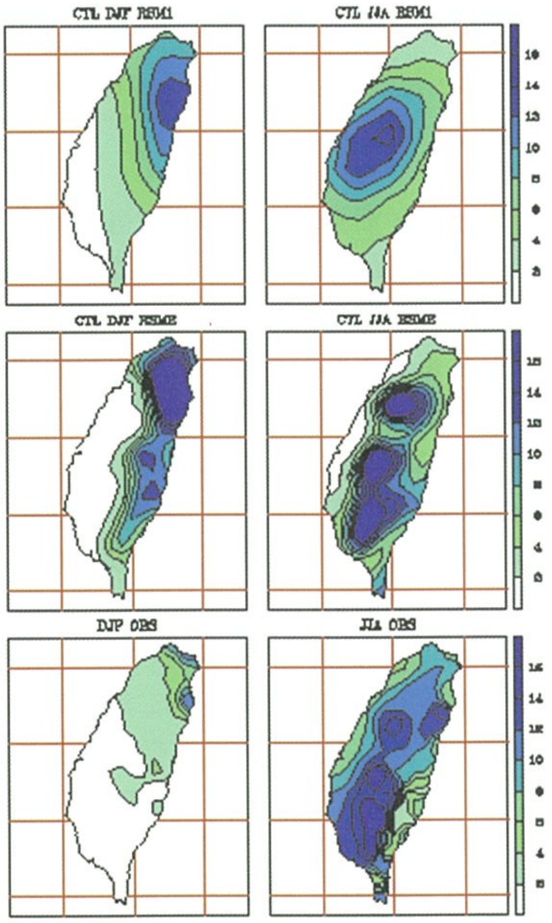

圖7. 在一倍二氧化碳情境下，RSM1和RSM2模擬的冬季（DJF）與夏季（JJA）降水與實際觀測（obs）的冬季（DJF）與夏季（JJA）降水分佈。

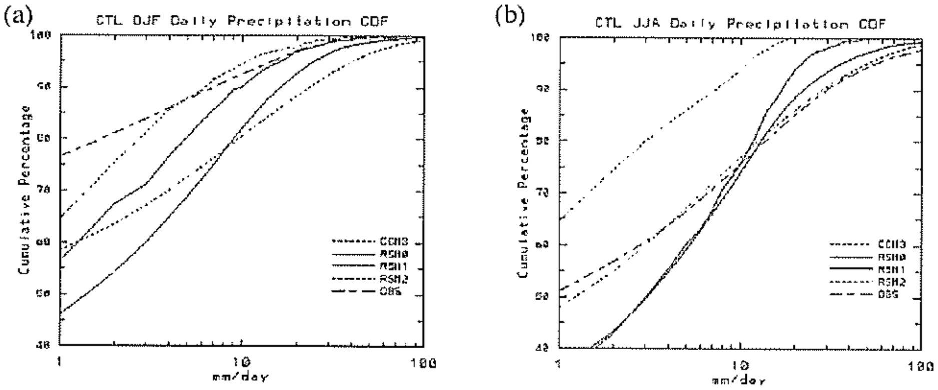

圖8. CCM3、RSM0、RSM1、RSM2模擬的(a)冬季（DJF）、(b)夏季（JJA）累積降水頻率分佈圖。

則更可以看到中至大雨的降水頻率被顯著高估，冬季更爲嚴重，RSM2夏季的模擬則接近觀測。由二氧化碳加倍後，日降水累積頻率圖(圖略)可見全省冬夏雨日頻率將增加。

肆、全球變遷對台灣區域水資源之衝擊

一、全球變遷對區域水資源供給面之影響

1.區域河川流量變化

將不同解析度，控制組和預測組氣候模式的模擬的結果各別輸入日氣象資料產生模式(Tung and Haith, 1995)結合參考氣象站之氣象觀測，產生集水區日氣象資料檔，統計其結果並將其輸入GWLF模式即可模擬預測在不同二氧化碳濃度下各集水區河川流量。使用的水文氣候參數，主要爲降水量的比值、降水機率與溫度改變值。模擬結果各集水區河川流量的改變率如圖9所示，以RSM0單一輸出點而言，降水量與降水機率無論於乾季或是濕季皆向上修正，且乾季降水量增加23%，降水機率增加13%，對於南部地區而言，冬季流量因爲降水量由原來小於入滲量，提高爲足夠產生大量地表逕流，因此流量增加。而北部地區因爲本身乾、濕季差異小，因此在降水量修正後，流量變化大致呈現均勻趨勢，其他地區增加亦相同。而比東部增加最多。

RSM1與RSM2於不同集水區其引用的網格點而不相同，RSM1降水量於乾季多呈現增加，濕季僅有北部與東部增加，而RSM2降水量則呈現全部增加的情形，且增加幅度較爲明顯。因此RSM2預測各區河川流量全省增加，但RSM1預測南部地區的河川流量在春季減少和中部地區的河川流量全年略微減少，其他地區季節則將增加。

2.區域地下水補注的變化

不同解析度分區地下水補注模擬預測結果如圖10所示。在地下水補注量方面，除了中部地區全年及南部地區夏秋冬季RSM1減少外，其餘地區的地下水補注量都呈現增加趨勢。由地下水補注量可以發

現，補注量的增加趨勢較降雨量增加趨勢緩和，且降雨量增加幅度越大地區，其地下水補注量並非越大，其仍受集水區與降雨分佈特性所限制，就原降水機率與降水量較高的北區，大部分所增加的降雨量皆成爲地表逕流。如北部地區降雨量增加約21%，但年僅補注量增加16%；相反的，東部地區降雨量增加約28.5%，但年僅補注量增加27%。

二、全球變遷對農業用水需求的影響

區域氣候的變化從很多面向影響水資源之需求。本文只從農田需水量改變探討全球變遷對水田須水量變化的影響。

由於作物生長跟氣溫有相當的關係，在氣溫方面無論乾季與濕季皆呈現增加趨勢，乾季增加2.37度濕季增加1.12度，所有生長期會往前移。

應用不同解析度模式預測全球氣象變遷對農業用水衝擊結果如圖11所示。

在農業用水方面，低解析度與高解析度的四個區域溫度皆向上修正，所以生長期皆往前移，與RSM0有相同的趨勢。

由於RSM0與RSM1及RSM2氣候模擬解析度上的差異，模擬結果差異較大，尤其RSM2模擬結果，氣候變遷前後平均降水量可增加38%，也使得推測流量以及地下水補注量會有較高的結果。在農業用水方面雖然會有暴增的趨勢出現，但那是因爲生長期前移的關係，但總用水量除了中部地區增加其他地區則是減少的。

伍、討論與結語

本研究藉由數值模擬探討溫室效應氣體倍增，對臺灣區域氣候和水文之影響。首先使用CCM3/RSM氣候模式系統作280km×280km(RSM0)， 50km×50km(RSM1)和15km×15km(RSM2)三種解析度的區域模式1倍CO_2和2倍CO_2冬夏季各10年的模擬實驗。結果顯示：1.CCM3和RSM0因模式物理的差異，模擬結果有顯著的不同，因而應以RSM0作爲區域模式比較基準。2.臺灣地區降水季節和地區的分佈在高解析度模式中可以突顯出來，RSM2更是最接近觀測，但降水強度特別是冬季可能被高估。3.模擬的降水頻率特性在夏季較爲合理，因而未來對夏天降水的評估可能較爲可信。4.二氧化碳加倍可能導致各地氣溫，特別是冬季西南海岸地區溫度升高將更顯著，且伴隨著東北部降水的增加。5.全省冬夏雨日頻率都將增加。

此一模擬結果和氣候站的觀測可能吻合處爲(1)觀測降水有季節和區域的差異，區域氣候模式系統可以完全反應。(2)各地年平均溫度顯著上升。(3)觀測的降水在北部和東部有增加的趨勢，模式模擬也部分顯示這個傾向。(4)模擬的降水頻率特性在夏季接近觀測結果，由此可見此全球/區域氣候模擬預報系統較大尺度模式能顯示氣候變化更細微的時間空間的結構。使用該模式系統有助於區域氣候變遷之評估。

本研究進一步把氣候模擬的輸出，輸入於GWLF水文模式評估北、中、南、東四個集水區河川流量受大氣二氧化碳加倍所導致全球變遷的影響。結果顯示全球模式(CCM3和RSM0)皆預測各地河川流量除了南部地區春季外皆將顯著增加，東部增加最多。而RSM2皆經由預測各氣候參數小而一致的改變，而預測河川流量也將小而一致的增加。但RSM1預測中部地區全年和南部春季河川流量可能減少。對水資源以

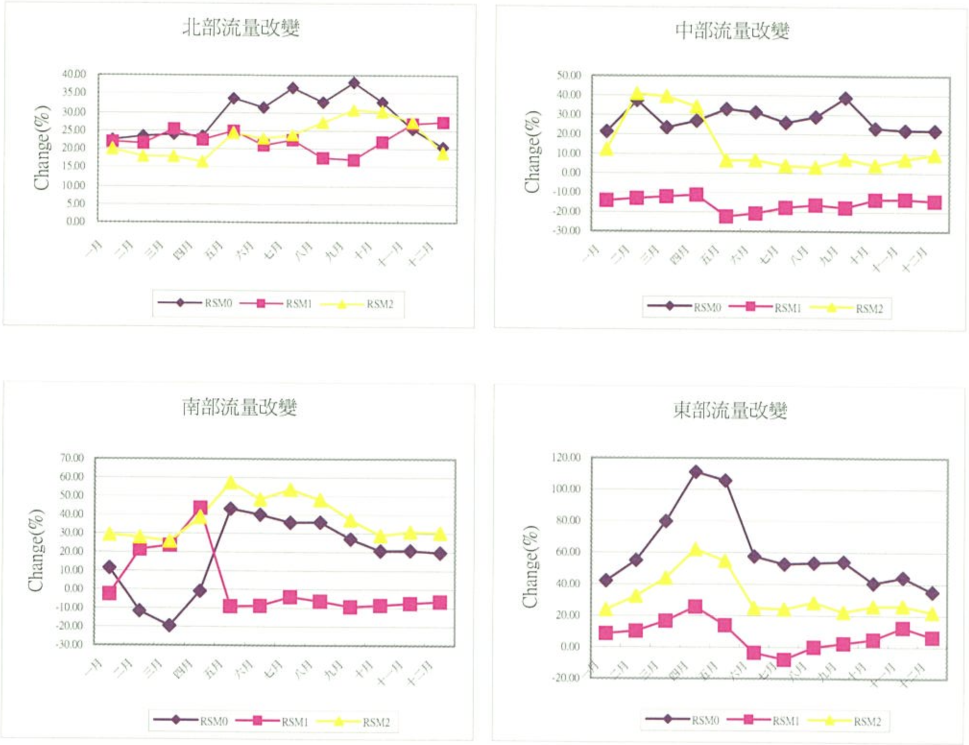

圖9. 應用不同解析度模式預測氣候變遷預設情境下之流量衝擊 — 北部、中部、南部、東部。

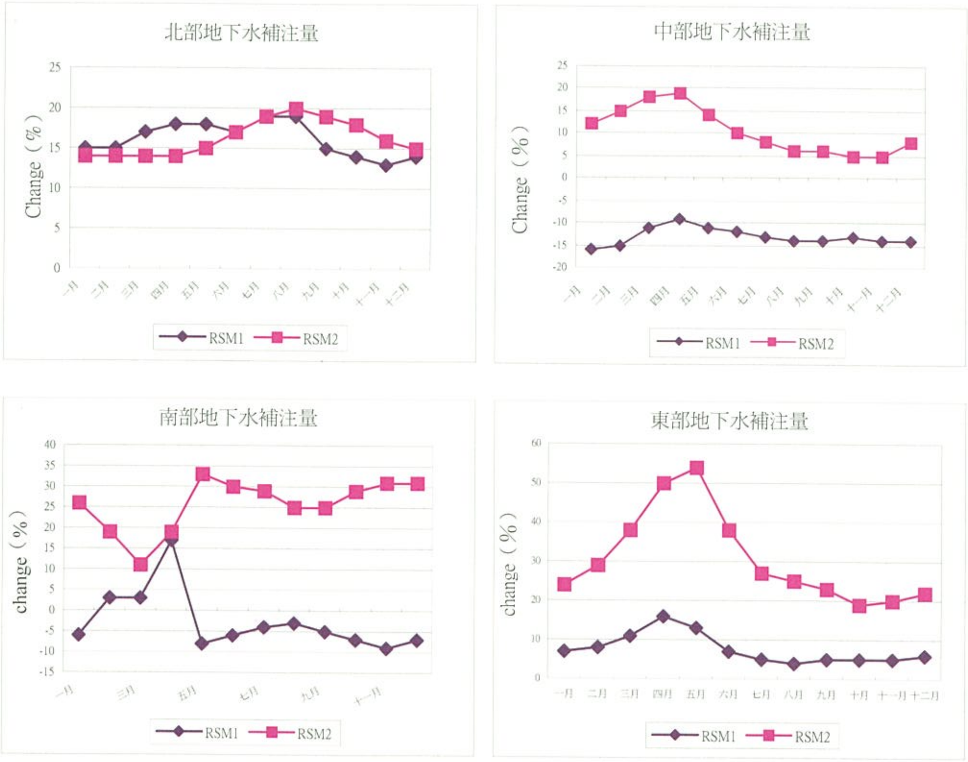

圖10. 應用不同解析度測氣候變遷預設情境下之地下水補注量衝擊—北部、中部、南部、東部。

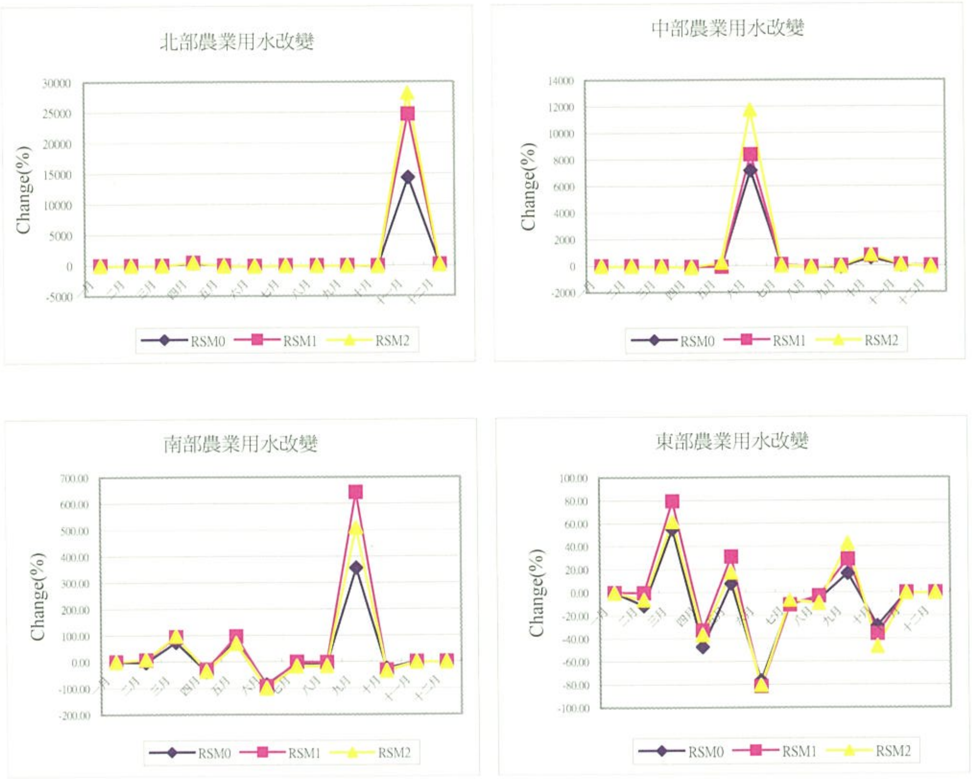

圖11. 應用不同解析度模式預測氣候變遷預設情境下之農業用水量衝擊 — 北部、中部、南部、東部。

全球模式結果所作的樂觀評估可能要保守一點。

本文再更進一步結合氣候模式系統，水文模式系統和灌溉用水評估模式系統模擬灌溉用水受全球變遷之影響。結果顯示農業用水方面雖有暴增的趨勢出現，但那是因爲生長期遷移的關係，總用水量除了中部地區之外，其他地區是減少的。由於中部也是臺灣主要的農業區之一，農業用水量的可能增加對於水資源的經營管理策略必須加以考量因應調整。

區域氣候變遷評估本文只考慮冬夏二季的氣候/水文狀況，但臺灣地區其他季節的氣候/水文特徵實際上無法由冬夏的線性內差獲得其他季節的模擬有進一步研究的必要。全球區域氣候模式的改進更是增加區域氣候變遷評估信心必要的工作。水資源評估方面除了氣候模式部分外，對於適當參考氣象站和水文站的選擇及水文和田間用水量評估模式的改進皆是增加水資源變遷評估信心需要進行的工作。

陸、致謝

本研究是在國科會專題研究計畫NSC88-2621-Z-002-024，NSC89-2621-Z-002-037，NSC90-2621-Z-012與NSC91-2621-Z-002-009支持下進行。本文由臺大李國豐先生協助打字編排一併致謝。

柒、參考文獻

吳明進。2001。臺灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊之評析-子計畫-臺灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊之評估-氣候變遷(三)-PartⅡ-水資源國科會專題報告研究計畫成果報告NSC-89-2621-Z-002-037。

童慶斌、洪念民、陳主惠。1999。氣候變遷對水資源影響評估與適應策略研擬。農業工程學報 45(4): 73-90。

童慶斌、連宛渝。2000。氣候變遷對灌溉需水量之影響。農業工程學報 46(1):57-68。

范純志。1998。氣候變遷對臺灣地區地下水補注量之影響。國立臺灣大學農業工程研究所碩士論文，85頁。

IPCC, WGI. 1992. Climate change 1992. The Supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. J. T. Houghton, B. A. Callander, and S. K. Varney, eds. Cambridge University Press , Cambridge. 198pp.

IPCC, WGI. 1996. Climate change, 1995. The Science of climate change: Contribution of Working Group I, Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander , N. Harris, A. Kattenburg and K. Maskell, eds. Cambridge University Press , Cambridge. 572pp.

IPCC, WGI. 2001. Climate change 2001. The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van Der Lindon, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson, eds. Cambridge University Press, Cambridge. 881pp.

Juang, H-M. H. And M. Kanamitsu. 1994.The NMC nested regional spectral model. Mon. Wea. Rev. 122: 3-26.

Kiehl, J. T., J. Hack, G. Bonam, B. Brlegleb, D. Williamson and P. Rash. 1996: Description of the NCAR coummity climate model (CCM3). NCAR Technical Note NCAR/TN-420+sTR, Boulder, Colorado, USA.

The Impacts of Doubled Greenhouse Gases on the Regional Climate and Water Resource over Taiwan

Ming-Chin Wu[1], Ching-Ping Tung[2] and Shyh-Chin Chen[3]
[1] Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan (ROC)
[2] Department of Bio-environmental Systems Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan (ROC)
[3] Experimental Climate Prediction Center, Scripps Institute of Oceanography, University of California-San Diego, CA, USA
E-mail: wu@wu.as.ntu.edu.tw

Abstract

It is to investigate the impacts of doubled greenhouse gases on the regional climate and water resource over Taiwan through numerical model simulation. At first, the impacts on the regional climate was evaluated through applying a nested NCAR Community Climate Model (CCM3) and NCEP Regional Spectral Model (RSM-96V) system to simulate the regional climates for the current and doubled CO_2 scenarios ($1\times CO_2$ and $2\times CO_2$, respectively). Three different resolution RSM runs had been done. They were 280km×280km (RSM0, same resolution as CCM3), 50km×50km (RSM1),and 15kmX 15km (RSM2). RSM0 was run as a comparison basis to remove climate model effects between CCM3 and RSM. The output of 10 winters and 10 summers of current CO_2 scenario runs and doubled CO_2 scenario runs respectively were examined. It was shown that noticeable differences between CCM3 and RSM0 simulations appeared, indicating the mismatched of the model physics. Seasonally and geographically dependent precipitation patterns over Taiwan area were reasonably enhanced by RSM from the imposed CCM3 simulations, while the RSM2 reproduced the precipitation pattern most close to the observation. However, the magnitude, especially during winter time, seems to be somewhat overestimated. The precipitation frequency characteristics were reasonable only for summer time simulation. RSM1 and RSM2 projected statistically significant increase of winter time precipitation over northeast Taiwan accompanied by an increase in surface temperature over the lee side of western coast plain and an increase of wet day probability over Taiwan in both seasons. In order to investigate the impacts of global change on the regional water resource over Taiwan from the supplying side, a GWLF

hydrological model was applied to simulate stream flows and ground water refill driven by the various climate model output. Four watersheds over Taiwan were selected to represent northern, central, southern and eastern region of Taiwan. The outputs of climate model simulations as well as the observations were used in a daily weather generating model to generate area daily hydro-meteorological parameters. They included mean surface temperature, precipitation, and unconditional and conditional wet day probability. The statistics of these parameters were estimated and applied to the hydrological model. It was projected that annual stream flows of the four areas except the southern in spring will increase based on RSM0 prediction, and those in the eastern watershed might have largest increase. The RSM2 tend to predict small and reasonable change of weather parameters, which further resulted in smaller and consistent increase of stream flows. However, RSM1 predicted that the stream flow of the southern decreased in spring and the stream flow of the central decreased all year round. It was projected that the ground water refill over the four areas will be increased except those of RSM1 over the central all year round and over the southern in summer, fall and winter.Furthermore, to investigate the global change impacts on the regional water resource over Taiwan from the demanding side, a model system including climate model, hydrological model, and irrigation water demand assessment model was applied. Irrigation-water demand was quite closely related to the air temperature. The RSM projected that the irrigation demand will be decreased except in the central Taiwan due to the plant growth season become earlier and shorten.

Key words: Global climate change, Water resources, Regional climate model, Hydrological model, Stream flow, Ground water refill, Irrigation demand.